

瀬田川洗ぜきについて（主としてゲート 振動防止対策と管理機構について）

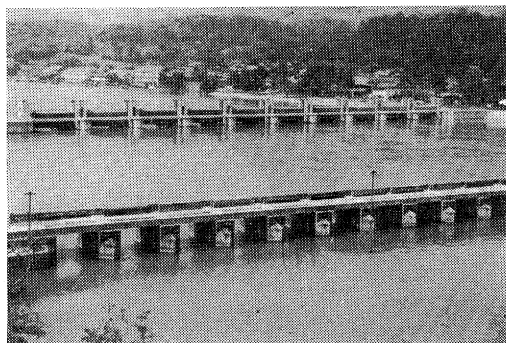
中 山 稔*
森 田 孝 之 亮**

要 旨 本文は瀬田川改修計画、それにとりまう新旧洗ぜきの概要、せきゲートの振動防止装置につき述べ、あわせて管理所その他の概要を述べたものである。

1. 瀬田川旧洗ぜきについて

旧洗ぜきは明治 29 年の大洪水を契機として実現した淀川改良工事の一環として明治 33 年～38 年に築造された。その構造の大略を説明すれば、せきは厚さ 4～6 尺の無筋コンクリート基礎版の上に表面レンガ張り無筋コンクリート ピアー 31 基と両翼アバットを設けたもので水通しは巾 12 尺で 32 門、各水通には 8 寸角長 14 尺の角材を平時 15～17 段そう入してこれによって流量の調節を行っていた。せきの基礎地盤は硬質の粘土で支持力は十分であるので基礎杭は用いていない。

写真-1 新洗ぜき全景
(手前は旧洗ぜき)



建造以来すでに 57 年を経過しているが今日においても構造上の不安はすこしもない。しかし角落しの開閉操作に多大の時間を要し全開に 24 時間、全閉には実に 48 時間を要することが大きな欠点となっていた。

本洗ぜきの操作目的は大別して次の 3 つである。

- ①琵琶湖の平常水位の調節および洪水時浸水被害の防止
- ②淀川の洪水調節および湯水時の流量補給
- ③下流発電所の水量調節、特に冬季放流

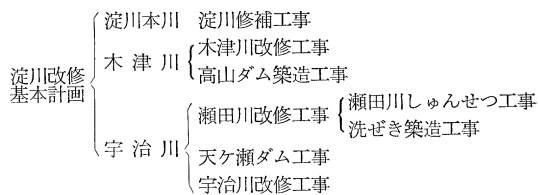
2. 新洗ぜきについて

昭和 28 年 9 月 25 日に来襲した台風 13 号は淀川水系

に異例の出水をもたらした結果、従来の淀川治水計画の改訂の必要を生じ河川審議会において審議された結果、昭和 31 年 3 月淀川水系改修基本計画が樹立された。

これは淀川水系全般の治水計画の基本方針を決定したもので、大略を説明すればまず支川の木津川において高山にダムを作り木津川からの流出を抑制する。支川の宇治川においては瀬田川の洗ぜきを改築し天ヶ瀬ダムを築造することにより宇治川の流出を抑制する。この結果、淀川本川の洪水量は従来の計画洪水量以内に収めることができるという計画である。

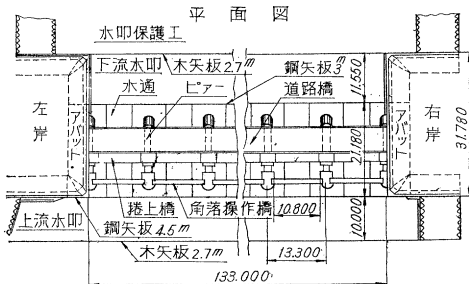
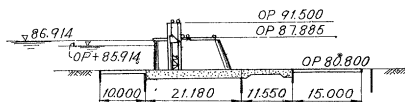
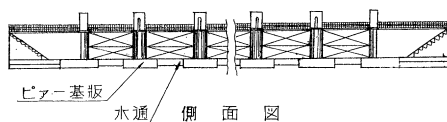
以上のごとく洗ぜき築造工事は淀川改修基本計画の一環として天ヶ瀬ダムとともに実施に移されたのである。



新洗ぜきは径間数は 10 門として 1 門の巾は 10.80 m となっている。各径間には三菱日本重工横浜造船所製ドイツ MAN 社型の二段越流式ゲートを設置し、電気によ

図-1 新洗ぜき構造図

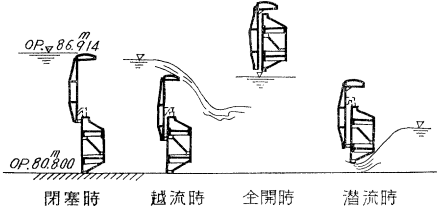
正面図



* 正員 建設省近畿地建琵琶湖工事事務所長
** 正員 同 上 工務課長

り開閉操作する。開閉に要する時間は全開全閉ともに 30 分以内である。流量調節は平常はほとんど上扉を下降して越流によって行ない、洪水疏通のため必要ある時に限り上下扉をともに引きあげて全開する(図-1,2 参照)。

図-2 ゲート操作



(1) 洗ぜき設計要目

せきの全長 173 m せき止水深 最大 6.114 m
 径間数 10 門 常時 5.114 m
 スパン 10.80 m 越流深 最大 2.00 m
 有効通水巾 108 m

橋梁

道路橋 有効巾員 5.5 m (うち歩道巾員 1 m)
 巻上機橋 2.2 m
 角落し操作橋 1.2 m

(2) ゲート形式 (MAN 型二段越流式ゲート)

ゲート重量 巻上馬力
 上段ゲート (1門) 10.8 t 上段ゲート 3 IP
 下段ゲート (1門) 16.7 t 下段ゲート 3 IP

サイクロ減速機を用いるので所要馬力は在来のウォーム減速方式に比して半減している。

巻上速度 0.22 m/min
 操作方式 直接および遠隔
 予備電源 7.5 kVA, 75 kVA 各 1 台

MAN 型二段越流式ゲートは次の利点を有している。

①二段引上ゲートのため巻上時の高さが低く、巻上塔の高さを減じうるので工費上および美観上有利である。

② 1 枚のゲートに比して流量の調節が正確容易で、また流芥除塵の手間を要しない (常に越流方法により流量を制御できる)。

③越流型式であるので水叩延長を減じうる。また下流洗掘のおそれが少ない。

④在来型式の二段ゲートに比し鋼重が 20 % も少ない。

(3) 工事費および工期

総工事費 : 4 億 6 500 万円

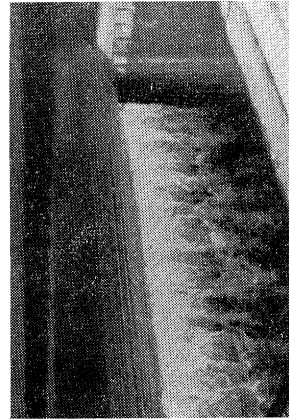
工期 : 本体工事の大部分と管理所、遠隔制御装置は昭和 36 年度中にテレメーター、流量観測設備、付属建物は 37 年度中、旧洗ぜき撤去その他は 38 年度中に完了する予定である。

3. 洗ぜきゲートの振動対策について

構造については前記のとおりであるが 35 年度末竣工後ゲート操作を行なったところ異常なる音響の発生があり、ゲート振動のあることがわかったのでゲート並びにピアの振動計測を行なった。結果は次のとおりである。

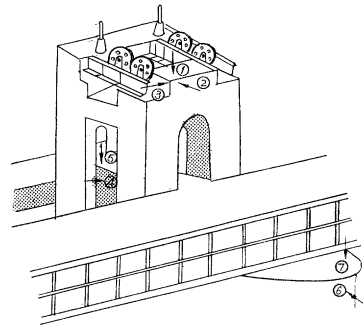
なお計測器具は電気式振動計 (日本電子測器 K K 製振動計、型名 VT-9 1/1 000~10/1 000 mm) を使用した。

写真-2 越流水位 5 cm (取りつけ以前)



各ゲート ピア振動計測 (図-3 参照)

図-3 ピア振動の計測

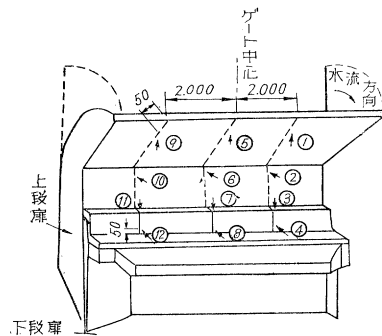


音響最大時 (単位 mm)

計測位置	No. 2 ピア	No. 3 ピア	No. 5 ピア
①	0.0020	0.0020	0.0020
②	0.0020	0.0015	0.0015
③	0.0055	0.0040	0.0035
④	0.0020	0.0020	0.0020
⑤	0.0004	0.0002	0.00015
⑥	0.0015	0.0015	0.0015
⑦	0.0003	0.0003	0.0003

No. 5 ゲート振動計測 (図-4 参照)

図-4 ゲート振動計測



計測位置	音響発生時	音響最大時
	5 cm 越流水深	10 cm 越流水深
× ①	0.020	0.035
○ ②	0.018	0.100
× ③	0.015	0.050
○ ④	0.050	0.100
× ⑤	0.050	0.055
○ ⑥	0.090	0.200
× ⑦	0.020	0.025
○ ⑧	0.045	0.090
× ⑨	0.015	0.030
○ ⑩	0.045	0.100
× ⑪	0.015	0.030
○ ⑫	0.015	0.050

×印は上下方向の振動を示す。
○印は水流方向の振動を示す。(単位 mm)

越流水深はゲート“ひさし”の中央部直上水深を示す。

(1) 気圧測定

音響発生最大時における気圧および音響発生回数測定の結果は下記のとおりである。測定者は水幕の中に入りこれを測定したが、このさい耳にかなりの苦痛を感じたそうである。

なお音響は 40 秒間に 170 回程度であった。

大気圧	746 mmhg	(アネロイド気圧計により実測)
水幕中 音響最大時	744.2~748.3 mmhg	(")
音響消滅時	746.3 mmhg	(")

(2) スポイラーを取りつけた試験

本洗ぜきの場合、越流水深 5~15 cm のとき越流板の振動がある。この振動の原因は越流時越流板面の多少の凹凸または水が越流板をはなれるときに起こる乱れにより水簾の内外の空気圧力に差を生じ、そのため越流板に多少の振動をあたえ、さらにこれが水簾の波脈を生じ内外の空気圧力にさらに差を生ぜしめることとなり、越流板の固有振動と共鳴する範囲内は減衰することがなく振動が続くものと思われる。

ゲートの両側から静力学的には内外の空気圧差をなくするために十分空気の量を送ることができるような構造になってはいるがゲート巾が長く(本ゲート巾は10.8m)なると、どうしても内外の空気圧差ができて、その結果振動を起こすものと思われる。

したがってこの振動は空気疎密波であるため比較的広い範囲にわたり影響する。特に上下流せきに面した場所のドアや窓の振動が大きい。実際の場合には越流の高さも一定せず越流板の取り付け剛度も数量的に表わすこともむづかしくスポイラーの間隔形状などを数学的に計算することはむづかしいと考えられたので実験的に求めることにした。

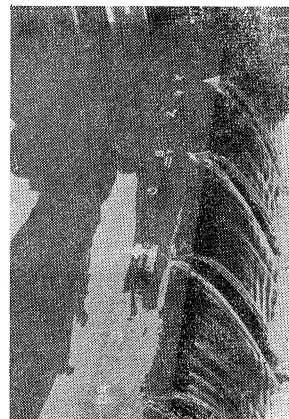
瀬田川洗ぜきの各ゲートに 1~5 個のスポイラーを取りつけその間隔を種々変化しゲートの振動を測定してみた。以下はその結果である。

① スポイラー 5 個使用時振動 (単位 mm)

計測位置	縮状波形状況	最大	消滅	水幕連続時	消滅
	越流水深	2~3 cm	5 cm	12 cm	15~16 cm
⑤		0.002 0	0.002 4	0.002 0	0.002 5
⑥		0.006 0	0.003 5	0.003 0	0.002 5
⑦		0.002 5	0.002 5	0.002 0	0.003 5
⑧		0.004 0	0.004 0	0.002 5	0.003 5

写真-3 試験中スポイラー仮取りつけ

スポイラー 5 個使用
越流水位 2.5 cm
縮模様 最大



② スポイラー 4 個使用時振動 (単位 mm)

計測位置	縮状波形状況	発生	最大	消滅(水幕連続)	消滅	
	越流水深	0 cm	2 cm	4.5 cm	6~6.5 cm	15 cm
⑤		0.001 6	0.002 5	0.005	0.003 0	0.003 7
⑥		0.004 0	0.003 5	0.014	0.004 5	0.003 5
⑦		0.001 5	0.001 5	0.010	0.002 5	0.004 0
⑧		0.002 0	0.002 6	0.007	0.002 5	0.003 0

③ スポイラー 3 個使用時振動 (単位 mm)

計測位置	縮状波形状況	発生	最大	消滅	水幕連続時	消滅	
	越流水深	0 cm	2~3 cm	4 cm	6 cm	12 cm	15 cm
⑤		0.003 5	0.003 0	0.003 6	0.003 0	0.001 5	0.002
⑥		0.004 0	0.003 8	0.011 0	0.006 0	0.002 0	0.016
⑦		0.001 8	0.002 6	0.007 0	0.002 3	0.003 0	0.007
⑧		0.002 5	0.001 8	0.007 0	0.004 5	0.002 0	0.015

④ スポイラー 2 個使用時振動 (単位 mm)

計測位置	縮状波形状況	発生	最大	消滅(水幕連続)	消滅	
	越流水深	0 cm	2.5 cm	4.5~5 cm	7~8 cm	15 cm
⑤		0.002 0	0.003 0	0.020	0.002 3	0.003 0
⑥		0.002 5	0.005 0	0.040	0.005 0	0.004 0
⑦		0.001 5	0.002 5	0.007	0.002 3	0.005 0
⑧		0.001 5	0.003 5	0.013	0.004 2	0.002 5

⑤ スポイラー 1 個使用時振動

(単位 mm)

計測位置	綫状波形状況		発生	最大	消滅 (水幕連 続す)	消滅
	越流水深	0 cm				
⑤	0.003	0.0025	0.025	0.0026	0.0018	
⑥	0.0015	0.004	0.066	0.0035	0.005	
⑦	0.0018	0.0026	0.025	0.0023	0.006	
⑧	0.0021	0.0022	0.052	0.005	0.004	

⑥ スポイラー片側 5 個使用時振動

(単位 mm)

計測位置	綫状波形状況		発生	最大	消滅 (水幕連 続す)	消滅
	越流水深	0 cm				
⑤	0.0012	0.0028	0.0085	0.0016	0.0015	
⑥	0.0025	0.006	0.014	0.005	0.0035	
⑦	0.001	0.003	0.004	0.003	0.006	
⑧	0.002	0.004	0.012	0.004	0.003	

⑦ スポイラー取り付け間隔

5 個 使用時	1.73 m
4 " "	2.10 m
3 " "	2.60 m
2 " "	3.50 m
1 " "	ゲート中心
片側 5 個 使用時	ゲート中心より 1.05 m

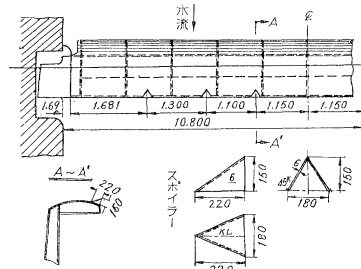
(3) その対策

スポイラーを取りつけない場合より 1 個でも取りつけた場合の方が振動が減少し、さらにスポイラーの数が増*

*すにつれて振動がへり最大振動を発生する越流水深も浅くなることわかった。また 4 個でも 5 個でも振巾はあまり変らぬような結果であるので個数は 5~6 個で十分と考えた。またスポイラー間げきは MAN のデータによると 5 m 以下となっているので、もちろんこれよりせまくすることとし、かつ等間隔に取りつけるより共鳴の点から不等間隔にすべきであると考えた。

スポイラーの間隔は越流板の剛性が中央部では大きいと考えたので中央部をあらく側部をせまく配置して見た(またこれは側部はタテ板の影響があるので越流の形状も乱れ振動発生の原因が多いように考えられるから)。その結果 図-5 のごとく 6 個のスポイラーを取りつけることとした。

図-5 スポイラー取付図 (単位 mm)



(4) スポイラーを取りつけた結果の振動試験

計測器具および計測番号は前記同様である。

No. 5 ゲート

(単位 mm)

越流水深 (cm)	0	3	4	5	8	10	15	20	22	25	30
①	0	0.0005	0.0010	0.0016	0.0018	0.0020	0.0025	0.0120	0.0200	0.0110	0.0080
②	0.0015	0.0020	0.0023	0.0035	0.0070	0.0070	0.0060	0.0100	0.0130	0.0100	0.0080
③	0	0.0010	0.0011	0.0015	0.0024	0.0025	0.0050	0.0100	0.0120	0.0120	0.0110
④	0.0020	0.0025	0.0020	0.0040	0.0040	0.0060	0.0055	0.0090	0.0080	0.0090	0.0090
⑤	0	0.0005	0.0010	0.0017	0.0015	0.0023	0.0040	0.0110	0.0100	0.0090	0.0100
⑥	0.0015	0.0020	0.0025	0.0036	0.0070	0.0070	0.0050	0.0130	0.0140	0.0120	0.0090
⑦	0	0.0010	0.0010	0.0015	0.0020	0.0030	0.0040	0.0120	0.0120	0.0130	0.0100
⑧	0.0020	0.0025	0.0020	0.0040	0.0042	0.0060	0.0060	0.0080	0.0080	0.0090	0.0100
⑨	0	0.0004	0.0010	0.0018	0.0014	0.0020	0.0035	0.0100	0.0130	0.0090	0.0100
⑩	0.0010	0.0020	0.0021	0.0036	0.0070	0.0070	0.0050	0.0120	0.0120	0.0100	0.0080
⑪	0.0005	0.0010	0.0010	0.0020	0.0020	0.0028	0.0050	0.0130	0.0120	0.0120	0.0120
⑫	0.0020	0.0030	0.0020	0.0040	0.0045	0.0060	0.0060	0.0090	0.0070	0.0110	0.0090

測点番号は前述箇所と同じ

次に No. 5 ゲートでスポイラーを取りつけた場合とそうでないものとの比較をしてみると次のようになる。

(単位 mm)

計測位置	スポイラーを取りつけない場合 最大 10 cm	スポイラーを取りつけた場合 最大 22 cm
①	0.035	0.0200
②	0.100	0.0130
③	0.050	0.0120
④	0.100	0.0080
⑤	0.055	0.0100
⑥	0.200 最大	0.0140 最大
⑦	0.025	0.0120
⑧	0.090	0.0080

⑨	0.030	0.0130
⑩	0.100	0.0120
⑪	0.030	0.0120
⑫	0.050	0.0070

これより見た場合ゲート中心の水流方向に水平な計測位置 ⑥ が常に最大となっている (図-6 参照)。なおスポイラーの取り付け個数の違いによる、No.5 ゲート ⑥ 位置の振巾の変化は 図-6 のとおりである。

すなわち スポイラーを取りつけた結果越流水深 3 cm 前後で水幕振動があり、より水深が増し 22 cm 前後でまた振動があるが、流水の落下自体による振動も、水深の

写真-4 スポイラー取り付け
(越流水深 5 cm)



写真-5 スポイラー取り付け
(越流水深 40 cm)

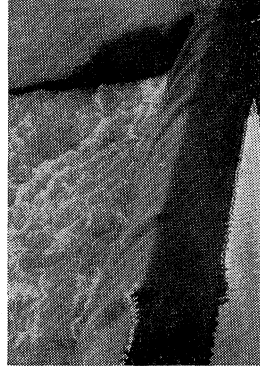
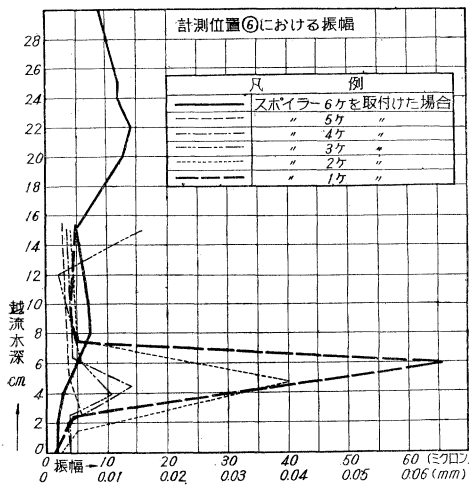


図-6



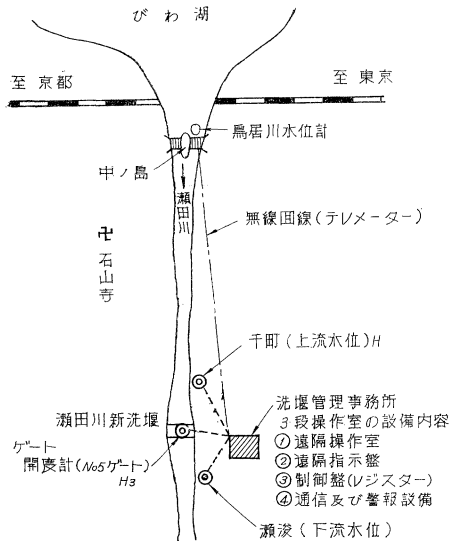
増加するにしたがって振動が大きくなるので実質的には影響がないものと思われる。なお22 cm前後の振動については今後調査を行なう予定である。

図-6 で見るように振動についてスポイラー5個と6個の差は実験の結果、一般的に数の多い方が良いということと不等間隔という理由から6個を採用したわけであるが、今後さらに検討を要するものである。また振動計についても振巾のみで週期は不明であり自記式が必要と考える。

4. 管理所施設、その他

阪神工業地帯における水の需要はますます大きくなり琵琶湖に対する依存水量は昭和35年を基準にして45年で33.6%、50年では42.6%の需要増といわれており、今後これら流量制御の重要性は大きくなってくるものと思われる。前記洗ぜきに対する管理所建物は36年度で大体でき上がる予定であるが内部的なテレメーター、多重無線関係は37年度末までかかる予定である。

図-7



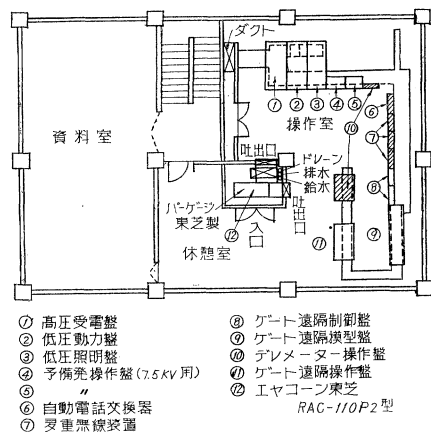
(1) 操作室の設備

管理所操作室に設備される機器類は高压受電盤、低压動力盤、低压照明盤、予備発電用操作盤、ゲート自動制御盤表示盤、ゲート遠隔操作盤テレメーター用制御盤、付加装置多重無線電話装置(400 Mc/sec)、空気調節装置などが設備されている。

(2) 現地の設備

電源は関西電力KK 3.3 kV 幹線より分岐し管理所に引込み高压受電盤に接続しおのおの必要な電圧に逆降し配電盤を通しゲート動力(全容量 60 HP)および照明負荷(全容量 20 kW)にわけている。しかし商用電源は停電が考えられその対策として予備発電機 75 kVA、7.5 kVA 各1台を設備している。ゲート自動制御装置テレメーター設備等無停電を要求するものについては、7.5 kVA 発電機により自動起動装置で電源を確保している。

図-8 3階機器配置図



- ① 高压受電盤
- ② 低压動力盤
- ③ 低压照明盤
- ④ 予備発操作盤(7.5 kV用)
- ⑤ " "
- ⑥ 自動電話交換器
- ⑦ 多重無線装置
- ⑧ ゲート遠隔制御盤
- ⑨ ゲート遠隔模型盤
- ⑩ テレメーター操作盤
- ⑪ ゲート遠隔操作盤
- ⑫ エヤコン東芝 RAC-110P2型

(3) ゲート自動制御装置

a) 基本的事項

ゲート自動制御の基本事項と設備について：新洗ぜきゲートの自動制御装置は、越流量（越流水深）があらかじめ規定した値に対し H cm 以上変化し、 t を時間として $\int_0^t H dt$ の値が設定値となったときは上段ゲートがこれを修正するために規定越流水深になるように自動操作される装置でなければならない。これらのチェックは時間的に規定しくり返す。また自動操作でゲートが規定値以上に動いた場合に警報を発するようにする。つぎに設定値の組合せにより種々の設定条件を選ぶことが可能であるようにする。

- ①規定越流深 h_0 (3桁 最小単位 cm) 0~999 cm
- ②積分開始値 $\pm \Delta h_0$ (1桁 最小単位 0.5 cm)
- ③積分上限値 $\int_0^t H dt$ (2桁 最小単位 cm/h) 0~99 cm

なおゲート操作に必要な遠隔操作設備は下記の条件を満足しなければならない。

④管理所操作室において、押ボタン スイッチの操作により全門（上下段ゲート別）同時（商用電源）または個別操作が可能であり起動する場合、操作に先立ちスイッチ ボックス（現地機関）内のブザーを鳴らし、警報する装置を設ける。そのほか操作室現場間の通信関係も考慮する。

⑤管理所操作室には上記操作盤のほかに遠隔指示盤を設け各ゲートの開度を指示し同時にせきの上下流の水位を指示させ代表ゲート（No. 5 ゲート予備 No. 6 ゲート）の越流水深から越流量を指示および自記する装置を設ける。

⑥以上基本事項について述べたが、どのような機器の組合せによりこの基本事項を具体化し満足させるか、この点につき概要を述べる。まずゲート開度計を No. 5 ゲート（予備 No. 6 ゲート）に設備する。水位計関係は上流（千町）、下流（瀬渡）、鳥居川などに設置し、自動的に表示または記録する装置とする。またゲートの自動制御を行なう機構としては遠隔操作盤、遠隔表示盤、自動制御盤、通信および警報設備などを設ける。これら機器ならびに装置は昭和 36 年 6 月に発注され現在では装置の大部分は完成し現地すえつけの段階である。

前記自動制御装置については下記のとおりである。

自動制御に直接必要な信号は上流（千町）水位と No. 5 ゲート（予備 No. 6 ゲート）開度計を使用し、制御盤（レジスター）に信号を送り越流量を一定にする。その他の水位計は越流量のチェックをするために使用する。

(1) 自動制御の解説

まず自動制御盤の設定盤により下記の事項を手動にて任意の希望値に設定する。

- ①規定越流深 h_0 (3桁 最小単位 cm, 1~999 cm まで)

- ②ゲート制御開始設定値 Δh (2桁 最小単位 cm, 1~99 cm まで)

(2) h_0 規定越流深設定動作

上流水位 H_1 およびゲート開度 H_3 の現在値をレジスターに記憶し次に演算回路にて越流深 $h = H_1 - H_3$ を演算し設定器に設定した規定越流深 h_0 と演算回路で比較して差のある場合にはゲートに up あるいは down 信号を送り一致すればゲートに stop 信号が送られ越流深 h_0 が設定される。

(3) Δh_0 制御開始動作

水位がさらに変化すると $h - h_0$ の値が計算され設定値 Δh_0 と比較器にて比較され、 Δh_0 に達するとさらに一定時間間隔（40 秒）で 2 回 Δh_0 に達したことを確認して初めてゲートに up または down 信号を送る。この信号によりゲートは上昇または下降し、先に設定した規定越流深 h_0 に達するとゲートに stop 信号が送られてゲートが停止し、1 回の自動制御動作が完了し、そして再び前記動作がくり返される。

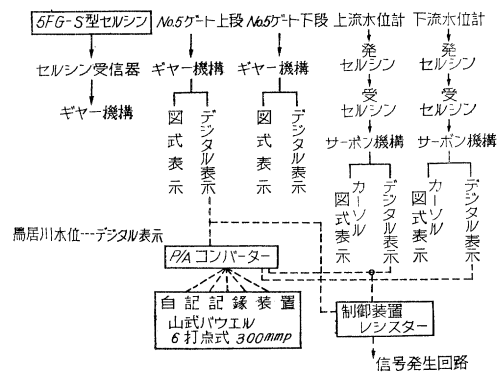
上流水位計およびゲート開度計よりの数値は演算回路にて $h = H_1 - H_3$ の演算が行なわれ遠隔指示器に与えられる。また越流量 Q は次の 2 式を使用し演算回路にてデジタル表示を行なう。

$$\text{ゲート開度 } 0.6 \text{ m 以下 } \quad Q = 171 h (h + 0.27) \dots (1)$$

$$\text{ゲート開度 } 0.6 \text{ m 以上 } \quad Q = 106 h (h + 0.80) \dots (2)$$

(4) 本装置によりゲートを操作する場合 10 門同時起動、停止の動作を行なうが予備発電機の容量が大きくなるためシーケンス起動により分割起動とした。すなわち 1 群は 1, 2, 3, 4, 5 門、2 群は 6, 7, 8, 9, 10 門とし、おのおののタイムラグは 5~6 秒である。

図-9 No. 1~No. 4, No. 7~No. 10 ゲート



上記装置のブロック ダイア グラムは 図-9 のとおりである。

参 考 文 献

- 1) ドイツ MAN 社研究所報

(原稿受付：1962. 1. 18)